

## Uso do Sorgo Biomassa em Caldeiras de Combustão: Cuidados, Precauções e Fatores Relacionados à Qualidade da Matéria-Prima



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

# **Documentos 205**

## **Uso do Sorgo Biomassa em Caldeiras de Combustão: Cuidados, Precauções e Fatores Relacionados à Qualidade da Matéria-Prima**

Diogo Keiji Nakai

André May

Monise Alves da Silva

Rafael Augusto da Costa Parrella

Embrapa Milho e Sorgo

Sete Lagoas, MG

2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges

Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso

Campanha, Roberto dos Santos Trindade, Rosângela Lacerda de

Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: André May, 2012.

**1ª edição**

**Versão Eletrônica (2016)**

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Milho e Sorgo**

---

Uso do sorgo biomassa em caldeiras de combustão: cuidados, precauções e fatores relacionados à qualidade da matéria-prima / Diogo Keiji Nakai ... [et al.]. -- Sete Lagoas :

Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

18 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN

1518-4277; 205).

1. Recurso energético. 2. Energia. 3. Recurso natural. I. Nakai, Diogo Keiji. II. Série.

CDD 633.174 (21. ed.)

---

© Embrapa 2016

# **Autores**

## **Diogo Keiji Nakai**

Engenheiro de bioprocessos e biotecnologia, mestre em Ciências Mecânicas, analista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, [diogo.nakai@embrapa.br](mailto:diogo.nakai@embrapa.br)

## **André May**

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 425 km 65, Cx. Postal 151. CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, [andre.may@embrapa.br](mailto:andre.may@embrapa.br)

## **Monise Alves da Silva**

Estagiário, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, [moniselaves21@gmail.com](mailto:moniselaves21@gmail.com)

## **Rafael Augusto da Costa Parrella**

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Melhoramento de Sorgo, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 425 km 65, Cx. Postal 151. CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, [rafael.parrella@embrapa.br](mailto:rafael.parrella@embrapa.br)

# **Apresentação**

O sorgo biomassa tem se mostrado uma importante alternativa para a produção de energia, pela queima da massa vegetal produzida, principalmente em momentos de demanda energética elevada ou de crise na geração de energia, advinda de outras fontes comuns ao sistema nacional. Contudo, mesmo sendo uma planta altamente produtiva e adaptada a algumas regiões do Brasil, a aplicação do sorgo biomassa como complemento da cadeia produtiva da cana-de-açúcar, com foco na geração de energia, deve acarretar alterações no modo de operação dos sistemas de cogeração, visando evitar ou diminuir incrustações das estruturas industriais. Porém, o uso da biomassa do sorgo pode beneficiar a cadeia, pela possibilidade de diminuição da ociosidade em algumas situações específicas e elevação da lucratividade na produção de energia, baseada no uso de biomassa sólida, quando em cenários de elevado consumo energético do País.

*Antonio Alvaro Corsetti Purcino*

Chefe-Geral

Embrapa Milho e Sorgo

# Sumário

<b>Sistemas de Cogeração .....</b>	<b>10</b>
<b>Propriedades da Biomassa e os Problemas de Corrosão e Incrustação .....</b>	<b>13</b>
<b>Umidade da Biomassa e a Eficiência do Processo de Queima .....</b>	<b>16</b>
<b>Considerações Finais.....</b>	<b>19</b>
<b>Referências .....</b>	<b>20</b>

# **Uso do Sorgo Biomassa em Caldeiras de Combustão: Cuidados, Precauções e Fatores Relacionados à Qualidade da Matéria-Prima**

---

*Diogo Keiji Nakai*

*André May*

*Monise Alves da Silva*

*Rafael Augusto da Costa Parrella*

Segundo o relatório síntese do Balanço Energético Nacional (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016), ano base 2015, a participação das energias renováveis na matriz energética aumentou relativa e absolutamente de 39,4% (120,4 Mtep) para 41,2% (123,3 Mtep) no mesmo período. Nesse contexto, a biomassa se consolida como a fonte mais importante de energia renovável, contando com 25,1% (16,9% derivados da indústria da cana-de-açúcar e 8,2% da lenha e carvão vegetal) do total da matriz energética primária. Em termos de cogeração de energia termoelétrica, a biomassa representa 24,5% do total, menor apenas do que o gás natural.

O sorgo lignocelulósico, ou biomassa, tem se apresentado como uma alternativa para a produção de energia pela queima da sua matéria vegetal (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2014). Assim, essa publicação visa apresentar os principais tipos de sistemas de cogeração (turbinas a vapor, turbinas a gás, ciclos combinados, etc.), com ênfase no sistema com turbinas a vapor (mais empregado em usinas sucroenergéticas), além de esclarecer aspectos relacionados aos problemas de corrosão

e incrustação, e da necessidade de redução da umidade da biomassa para melhoria da eficiência do processo de queima.

Neste sentido, discute-se a importância do bagaço para o referido sistema, propondo-se a inserção de biomassas alternativas para momentos de ocorrência de déficit de bagaço. Dessa forma, retrata-se que a aplicação do sorgo como complemento da cadeia produtiva da cana-de-açúcar é uma alternativa interessante, mas que deve acarretar alterações no modo de operação dos sistemas de cogeração, principalmente, por causa de aumentos nas manutenções em razão de incrustações. Neste sentido, sistemas de cogeração que já contam com mecanismos para evitar ou diminuir incrustações devem se beneficiar de forma geral de uma diminuição da ociosidade da capacidade instalada e consequente maior lucratividade na produção de energia elétrica.

## **Sistemas de Cogeração**

Cogeração é um processo combinado de produção de energia elétrica e calor. Processos de geração de energia elétrica têm eficiência limitada não somente por questões tecnológicas, mas também por questões termodinâmicas. Assim, num processo de geração de energia elétrica sempre parte da energia total contida num combustível será convertida em energia elétrica, calor que pode ser aproveitado e calor que não pode ser aproveitado. O calor que não pode ser aproveitado se origina das limitações termodinâmicas e tecnológicas. Na cogeração, o calor que pode ser aproveitado normalmente está em forma de vapor, que pode ser utilizado como fonte de calor nos processos industriais. Existem diversos sistemas de cogeração. Porém, todos eles dependem basicamente da prioridade que



se dá às energias produzidas. Ou seja, se a energia elétrica é priorizada em relação à geração de energia térmica (*topping*), ou quando o aproveitamento térmico é priorizado em relação à geração de energia elétrica (*bottoming*). Sistemas de cogeração *topping* utilizam altas temperaturas (600-1.200 °C) para a geração de energia elétrica, deixando a energia térmica disponível a temperaturas mais baixas (180-600 °C). Já sistemas *bottoming* utilizam altas temperaturas para calor de processos e temperaturas mais baixas para a geração de energia elétrica, consequentemente com menor eficiência na conversão eletromecânica (BORJA, 2006).

Basicamente existem três tipos de tecnologia para cogeração e a combinação destas. O ciclo Rankine correspondente às turbinas a vapor, o ciclo Brayton correspondente às turbinas a gás, os ciclos Diesel e Otto correspondem à combustão interna, e ainda os ciclos combinados. O ciclo Rankine é o que possui rendimentos de geração de energia elétrica menor (usualmente 35%) e custos de instalação maiores, por necessitar de grandes caldeiras e turbinas a vapor. No entanto, esse ciclo tem a grande vantagem de trabalhar praticamente com qualquer combustível. O ciclo Brayton, com as turbinas a gás, possui rendimento maior de conversão elétrica (até 42%), com custos normalmente inferiores aos do ciclo Rankine. Porém, é mais sensível ao tipo de combustível (gás ou líquido) a ser utilizado. Os motores de combustão interna do ciclo Otto ou Diesel são opções de alto rendimento (podendo chegar a 50%), com custos de instalação baixos, porém com limitação de escala. Existe também a possibilidade da combinação de ciclos, por causa das diferentes características de operação, aumentando assim tanto o rendimento elétrico (podendo superar 60% na combinação

Brayton/Rankine) quando a eficiência energética global do sistema (podendo chegar a 85%) (BORJA, 2006).

Com o advento da privatização parcial do setor elétrico brasileiro no início da década de 1990, as usinas de açúcar e álcool obtiveram a possibilidade de vender o excesso de energia elétrica produzido na cogeração não somente para as concessionárias, mas também diretamente para consumidores. Hoje, nas usinas, o bagaço é uma fonte de receita tão grande quanto os próprios produtos açúcar e álcool. Porém, houve uma demora na resposta por parte das usinas ao ambiente institucional favorável. Isso se deve ao fato de que os sistemas antigos de cogeração, baseados no ciclo Rankine, possuem uma vida útil longa e, como já dito anteriormente, possuem um custo de aquisição/substituição muito alto. Assim, as usinas já existentes continuaram a utilizar o parque industrial de baixa eficiência energética. Somente aquelas em que os sistemas de cogeração estavam no fim da vida útil ou as novas usinas investiram na aquisição de sistemas de melhor eficiência energética. Durante a modernização do parque industrial e consequente aumento da eficiência energética, as usinas passaram de consumidores, tanto de energia elétrica das concessionárias quanto de energia térmica proveniente da queima complementar de lenha comprada, para autoprodutores e fornecedores de ambas as energias sem a necessidade da compra de outros combustíveis. A eficiência no uso do bagaço na cogeração, que gerava quantias insuficientes de ambas as energias, passou a ser o suficiente para que as usinas operassem a cogeração até mesmo fora da safra (CORTEZ, 2010).

Em razão desse avanço tecnológico e dos cenários cíclicos de crise energética brasileira, em que o preço da energia elétrica se torna cada vez mais alto, as usinas voltam a cogitar a queima de outras biomassas que não o bagaço (por exemplo, palha da cana). Porém, dessa vez não para consumo energético próprio, mas para a geração de um maior excedente de energia elétrica disponível para a venda, além de diminuir a ociosidade do período de entressafra. Estudos da queima da palha da cana-de-açúcar, do eucalipto e de outras culturas energéticas já vêm sendo desenvolvidos para esse propósito. Nessa janela de oportunidade, o sorgo vem como uma cultura de ciclo curto, de alta produtividade, que pode tanto prover excedente na produção de etanol (sorgo sacarino) quanto na produção de energia (sorgo biomassa), além de poder ser utilizado em áreas de reforma dos canaviais (MAY et al., 2013). No entanto, é necessário avaliar os impactos nos sistemas de cogeração com a adição de uma nova matéria-prima energética. Fatores como incrustações, corrosão, queda na temperatura de operação e outros devem ser avaliados para que haja uma real noção dos riscos ao sucesso deste tipo de complementação.

### **Propriedades da Biomassa e os Problemas de Corrosão e Incrustação**

Algumas propriedades características de cada tipo de biomassa estão relacionadas com problemas de corrosão e incrustações em sistemas de cogeração, dentre eles a presença de elementos com enxofre, cloro e fósforo, além da composição química e da temperatura de fusibilidade das cinzas. A composição da biomassa é fator preponderante na manutenção e vida útil de sistemas de cogeração de energia a partir da biomassa.

Como principais constituintes elementares da biomassa estão o carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e oxigênio (O). Porém, esses elementos pouco interferem na formação de depósitos e incrustações, tampouco contribuem para a corrosão dos sistemas de combustão. Elementos inorgânicos que se encontram em menor concentração, como fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), sílica (Si), enxofre (S) e cloro (Cl) (constituintes das cinzas), são os que estão associados à formação de depósitos e incrustações, além da formação de espécies corrosivas durante a combustão da biomassa.

Antunes e Oliveira (2013) fazem uma ótima revisão dos mecanismos de ação das espécies corrosivas e que geram incrustações. O mecanismo de corrosão promovido pela presença de cloro (Cl) na combustão passa pela etapa de formação do ácido clorídrico (HCl), que penetra os poros e rachaduras do aço comum, formando cloreto de ferro ( $\text{FeCl}_2$ ) que se volatiliza na temperatura em que ocorre normalmente a combustão (500 °C) e, por fim, é oxidado na presença de oxigênio, liberando o cloro gasoso ( $\text{Cl}_2$ ). A adição no aço-liga de cromo (Cr) e principalmente níquel (Ni) parece prevenir a ação corrosiva do cloro (Cl) pela formação de uma camada contínua de óxido desses elementos, pois esses não são voláteis na temperatura de combustão e não permitem a permeação do ácido clorídrico (HCl).

Já a presença de espécies químicas contendo metais alcalinos como o potássio (K) tem uma importante influência na corrosão e formação de depósitos. Essas espécies químicas reagem com o ácido clorídrico (HCl), formando cloretos de metais alcalinos que acabam condensando e formando depósitos nas

paredes metálicas. A formação de condensados desses cloretos alcalinos (por exemplo, KCl) na superfície metálica aumenta a taxa de corrosão, pois acaba gerando uma solução eletrolítica que favorece o ataque eletroquímico ao aço. Até mesmo aços-liga com cromo (Cr) são suscetíveis a esse mecanismo de corrosão, pois a camada protetora de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) acaba sendo dissolvida no ambiente alcalino (ANTUNES; OLIVEIRA, 2013). Foi relatado por Cha e Spiegel (2005, 2006) que houve a corrosão local por causa da reação entre ferro (Fe) e o cloreto de potássio (KCl) a partir de 300 °C no aço comum. Isso, no entanto, não foi observado nos aços-liga de cromo, que só a partir dos 500 °C indicaram efeitos da corrosão, mas pelo mecanismo de ação do cloro.

O efeito da presença de enxofre durante a combustão da biomassa pode ter ser positivo e negativo em relação à corrosão. O efeito corrosivo do cloreto de potássio (KCl) pode ser reduzido pela reação com o dióxido e trióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_3$ ), formando sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ). Esse por sua vez forma um filme compacto nas paredes metálicas que pode prevenir o mecanismo de reação do metal alcalino e do cloro (Cl), além de não reagir com a camada protetora de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) (ANTUNES; OLIVEIRA, 2013). No entanto, em ambientes com temperaturas mais baixas (ambiente), a presença de óxidos de enxofre (gasoso) acaba por gerar a formação de ácido sulfúrico (aquoso) que em aços comuns ocasiona a corrosão.

Um elemento determinante na taxa de corrosão é a temperatura. Diversas espécies químicas corrosivas são estáveis somente em determinadas faixas de temperatura. Como dito anteriormente, a formação de fases alcalinas

fundidas sobre a superfície metálica é capaz de remover camada de óxidos que protegem muito aços-liga como o de cromo, tornando esses suscetíveis a mecanismos de corrosão como o do cloro. Por isso, é de extrema importância o conhecimento da composição elementar das cinzas da biomassa, assim como a temperatura de fusibilidade delas (ANTUNES; OLIVEIRA, 2013).

## **Umidade da Biomassa e a Eficiência do Processo de Queima**

Os sistemas de cogeração de alta eficiência que utilizam biomassa como combustível são normalmente projetados para operar em faixas específicas de umidade. Alguns gaseificadores, por exemplo, são projetados para operar com umidades entre 10% e 20%. Já caldeiras de queima em suspensão normalmente operam em faixas de umidade mais altas, de até 50%, pois o sistema de alimentação já prevê que durante a queda da biomassa se dará o processo de secagem, com a queima ocorrendo ainda em suspensão ou acima da grelha basculante. Um aumento da umidade além dos limites de operação projetado causa instabilidade dos sistemas ou perda de eficiência.

Assim como o bagaço de cana, biomassas complementares no processo de cogeração devem seguir os parâmetros operacionais dos sistemas aos quais serão aplicados. No caso de haver uma umidade superior aos limites de operação, processos de secagem ativa (equipamentos de secagem) ou passiva (a temperatura ambiente em pátios) devem ser considerados para manter a eficiência dos sistemas de

combustão dentro dos parâmetros técnicos e econômicos aceitáveis.

Na Tabela 1, podemos verificar algumas propriedades, como o poder calorífico superior (PCS) e os teores de compostos voláteis, de carbono fixo e de cinzas de variedades de sorgo pesquisadas pela Embrapa Milho e Sorgo (dados gerados pelos autores), sendo também apresentados dados com valores médios destas mesmas variáveis encontrados na literatura para o bagaço de cana, principal matéria-prima usada para a cogeração de energia.

**Tabela 1.** Propriedades de algumas variedades de sorgo pesquisadas pela Embrapa (dados gerados pelos autores) e Propriedades médias do bagaço de cana descritas na literatura [8].

Amostra	PCS Calg		Voláteis (%B.S.)		Carbono Fixo (%B.S.)		Cinzas (%B.S.)					
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão				
BRS 655	4463,11	53,51	a	81,19	53,51	C	13,18	0,92	e	5,64	0,22	f
CMSXS 7012	4545,77	21,06	b	83,52	21,06	D	12,39	0,37	e	3,62	0,24	g
CMSXS 7015	4597,19	240,61	b	83,42	240,61	D	12,80	0,39	e	3,14	0,77	g
CMSXS 7016	4510,39	37,31	b	84,12	37,31	D	12,75	1,18	e	3,75	0,12	g
CMSXS 7021	4555,13	29,83	b	84,35	29,83	D	13,03	0,91	e	2,70	0,02	g
CMSXS 7022	4555,53	52,49	b	84,62	52,49	D	12,24	0,71	e	4,82	0,35	g
CMSXS 7023	4503,07	34,07	b	83,61	34,07	D	13,17	0,30	e	3,81	0,19	g
CMSXS 7024	4528,50	45,48	b	83,77	45,48	D	12,62	0,77	e	3,69	0,62	g
CMSXS 7025	4502,73	46,94	b	83,67	46,94	D	12,52	0,27	e	3,06	0,11	g
CMSXS 7026	4574,70	29,57	b	83,47	29,57	d	13,47	0,49	e	3,22	0,08	g
CMSXS 7027	4532,52	27,87	b	83,35	27,87	d	12,96	0,23	e	2,62	0,06	g
CMSXS 7028	4525,94	44,52	b	83,09	44,52	d	12,98	1,43	e	3,77	0,20	g
CMSXS 7029	4488,93	92,97	b	83,93	92,97	d	12,33	0,87	e	3,93	0,74	g
CMSXS 7030	4602,86	42,38	b	83,31	42,38	d	13,58	0,55	e	3,14	0,55	g
CMSXS 7031	4543,39	49,45	b	84,18	49,45	d	13,11	1,03	e	3,11	0,80	g
VOLUMAX	4487,92	37,05	b	81,50	37,05	c	13,68	0,86	e	4,08	0,42	g
Bagaço de cana	4483,74			84,51			11,95				2,47	



No contexto de complementação da cadeia produtiva da cana-de-açúcar com variedades de sorgo, é possível levantar algumas considerações. Como já discutido anteriormente, o teor de cinzas contido na biomassa e sua composição química são os principais fatores relacionados à matéria-prima que levam a corrosão e incrustações nos sistemas de cogeração. Os teores de cinzas encontrados nas pesquisas da Embrapa sobre sorgo mostram que as variedades de sorgo possuem uma quantidade maior que as descritas na literatura para o bagaço de cana. Isso, de forma geral, poderia levar a uma maior formação de incrustações e depósitos, caso o sorgo fosse usado misturado ao bagaço ou sozinho. Já em relação ao poder calorífico superior (PCS), que considera o valor energético máximo possível de se extrair da biomassa completamente seca, os valores encontrados são próximos aos das variedades de cana-de-açúcar descritas na literatura. Sobre esse aspecto, deve-se considerar que o PCS é um parâmetro fundamental, mas que não deve ser considerado isoladamente, uma vez que outros fatores interferem no aproveitamento energético da biomassa, como a umidade. Caso utilizado em condições de umidade semelhantes ao do bagaço, não se esperaria uma mudança de comportamento do sistema de cogeração em relação à eficiência energética. Os demais valores apresentados (teor de voláteis e carbono fixo) mostram que a queima da biomassa proveniente do sorgo teria um comportamento semelhante ao do bagaço de cana nos sistemas de cogeração.

## **Considerações Finais**

A aplicação do sorgo como complemento da cadeia produtiva da cana-de-açúcar deve acarretar alterações no modo de operação dos sistemas de cogeração, principalmente

por causa de aumentos nas manutenções causadas pelas incrustações. Sistemas de cogeração que já contam com mecanismos para evitar ou diminuir incrustações devem se beneficiar de forma geral de uma diminuição da ociosidade da capacidade instalada, e consequentemente proporcionar maior lucratividade na produção de energia elétrica baseada no uso de biomassa sólida.

## Referências

ANTUNES, R. A.; OLIVEIRA M. C. L. Corrosion in biomass combustion: a materials selection analysis and its interaction with corrosion mechanisms and mitigation strategies. **Corrosion Science**, Cambridge, v. 76, p. 6-26, 2013.

BORJA, G. J. A. **A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico**. 2006. 157 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

CHA, S. C.; SPIEGEL, M. Local reactions between NaCl and KCl particles and metal surfaces. **Corrosion Engineering Science and Technology**, Manchester, v. 40, p. 249-254, 2005.

CHA, S. C.; SPIEGEL, M. Local reactions of KCl particles with iron, nickel and chromium surfaces, **Materials and Corrosion**, Weinheim, v. 57, p. 159-164, 2006.

CORTEZ, L. A. B. **Bioetanol de cana-de-açúcar P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010. 954 p.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sorgo biomassa é ótima opção para geração de energia.** Sete Lagoas, 2014. Notícias. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2246665/sorgo-biomassa-e-otima-opcao-para-geracao-de-energia>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2016:** relatório síntese: ano base 2015. Rio de Janeiro, 2016.

MAY, A.; MENDES, S. M.; SILVA, D. D. da; PARRELLA, R. A. da C.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. da; PACHECO, T. F.; AQUINO, L. A. de; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; KARAM, D.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. **Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 186).

